

МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ И ГАЗА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ РАЗВЕДКИ И РАЗРАБОТКИ

В.Ю. КЕРИМОВ, д.г.-м.н., проф., проректор по научной работе
Российский государственный геолого-разведочный университет им. Серго
Орджоникидзе (Россия, 117997, Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 23).
E-mail: vagif.kerimov@mail.ru

Р.Н. БАХТИЗИН, д.ф.-м.н., проф., ректор
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет (Россия,
450062, Республика Башкортостан, г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1).
E-mail: rektor@rusoil.net

К.И. ДАНЦОВА, ассистент кафедры теоретических основ поисков и разведки нефти и
газа

И.М. САЛИХОВА, инженер кафедры теоретических основ поисков и разведки нефти и
газа

Российский государственный университет нефти и газа им. И.М. Губкина (национальный
исследовательский университет) (Россия, 119991, Москва, Ленинский пр., д. 65). E-mail:
kristinadantsova@yandex.ru, E-mail: irina.dlspiya@mail.ru

Моделирование месторождений и залежей нефти и газа позволяет решать задачи оконтуривания залежи, оценки запасов, определения качества углеводородов, геолого-экономической оценки месторождений, подготовки проектов разведки и разработки. Трехмерные модели являются важнейшей составляющей технологических процессов обоснования заложения, бурения скважин. В статье рассмотрена технология моделирования с использованием программного комплекса Petrel на примере месторождения им. В.Н. Виноградова, а также исследованы различные параметры, применяемые в процессе моделирования.

Ключевые слова: разведка, разработка, месторождения, геолого-разведочные работы, моделирование, планирование.

Для решения задач, связанных с моделированием залежей и месторождений нефти и газа широко применяются компьютерные технологии. Одно из основных назначений этих технологий при разведке месторождений состоит в накоплении, систематизации, обработке и передаче геологической информации. Существует по крайней мере три направления моделирования месторождений: геоинформационное, аналитическое, блочное. Все они имеют между собой много общего.

Весьма эффективны для разведки многопараметровые модели нефтяных залежей – сейсмогеологические, геологические, гидродинамические, модели скважин и расчет значений коэффициента нефтенасыщенности (Кн), модели добычи и др. (рис 1). В совокупности все указанные модели достаточно полно описывают залежи УВ.

Геологическая модель представляется в виде трехмерных объемных (3D) сеток либо в виде послойных цифровых карт. Трехмерная модель сопровождается осреднением параметров по пластам или зональным интервалам и дополняется кратким набором структурных карт и послойных карт осредненных параметров. Зональный интервал может быть определен как седиментационный цикл, несколько объединенных седиментационных циклов, пласт, подсчетный объект, объект разработки.

Ниже в качестве примера рассмотрена технология моделирования с использованием программного комплекса

Petrel на примере месторождения им. В.Н. Виноградова – бывшего ректора РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, выдающегося ученого и организатора нефтегазовой науки и образования. Месторождение расположено на территории Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области, до 2009 года включало в себя два самостоятельных месторождения – Большое и Ольховское.

Объектами моделирования являлись две нефтяные залежи в терригенных отложениях фроловской свиты нижнемеловой системы месторождения им. В.Н. Виноградова. Исходная информация для построения геологических моделей продуктивных пластов: сведения о пробуренных скважинах (координаты устьев, глубина забоя); результаты корреляции скважин; результаты количественной интерпретации геофизических исследований скважин (ГИС): границы проницаемых прослоев, характер их насыщения и значения пористости, нефтенасыщенности; границы проницаемой части продуктивных пластов по скважинам; информация о водонефтяных контактах и принятые положения контактов по скважинам.

Структурное моделирование включает: построение куба гипсометрических отметок, характеризующих пространственное положение каждого расчетного узла геологической модели в координатах x , y , z (рис. 2 а, б). При построении структурной основы пласта используются оцифрованные контуры по структурной карте, построенные на

Рис. 1. Примеры моделей месторождений и залежей нефти и газа:

а – сейсмогеологическая модель; б – геологическая модель; в – гидродинамическая модель; г – литолого-петрофизическая модель

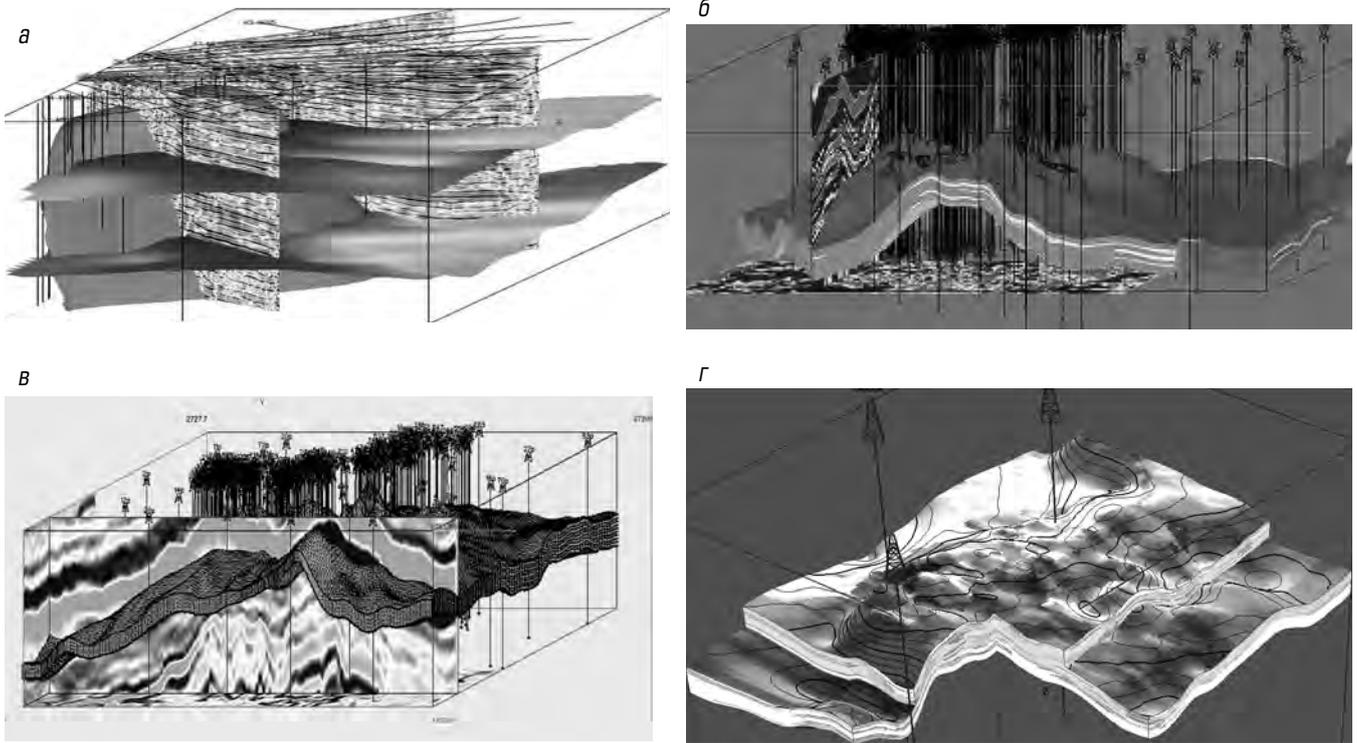


Рис. 2. Структурная модель месторождения им. В.Н. Виноградова:

а – пласт АС₃; б – пласт ЮК₃₋₄

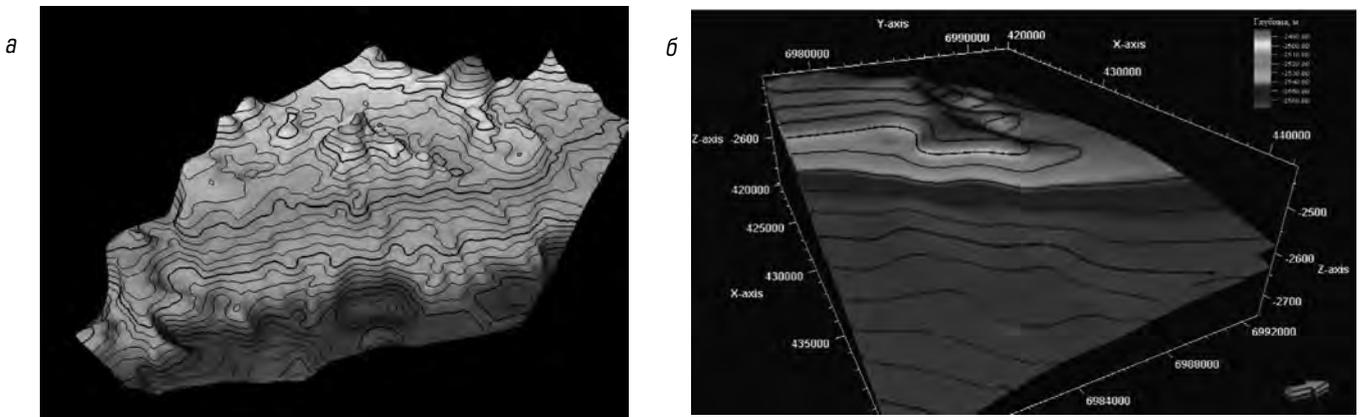


Рис. 3. Дискретный куб литологии:

а – пласт ЮК₃₋₄, б – пласт ЮК₅₋₆

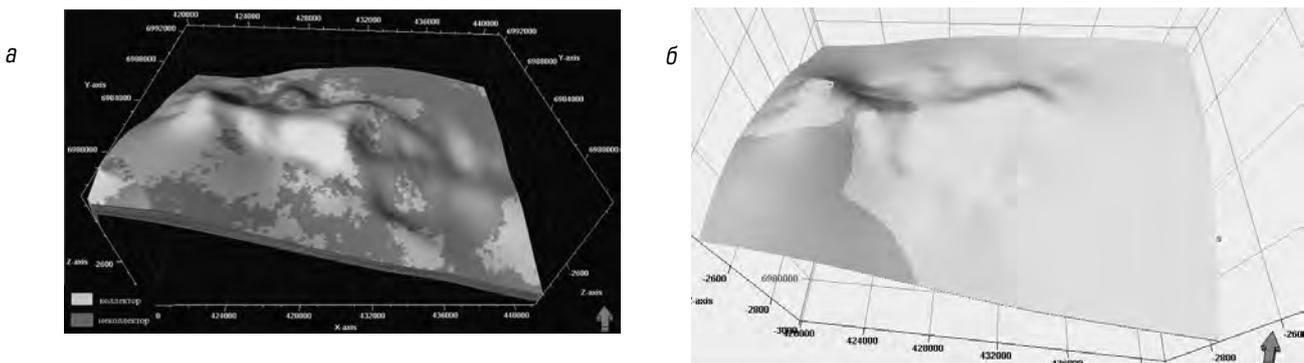


Рис. 4. Куб пористости:
а – пласт ЮК₃₋₄; б – пласт ЮК₅₋₆

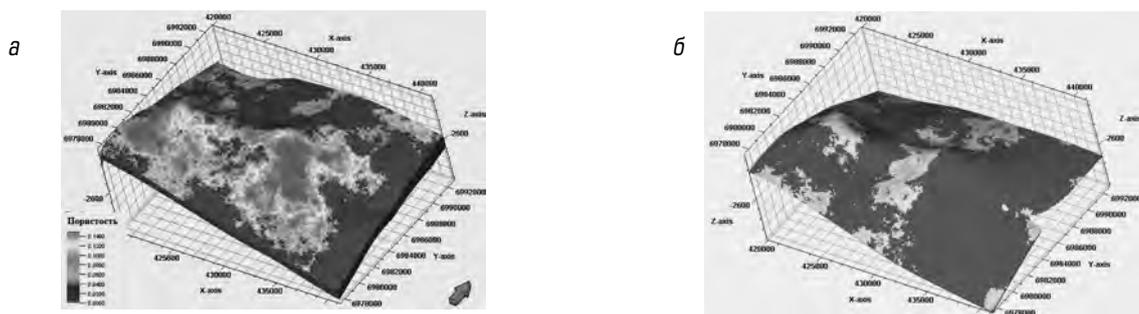
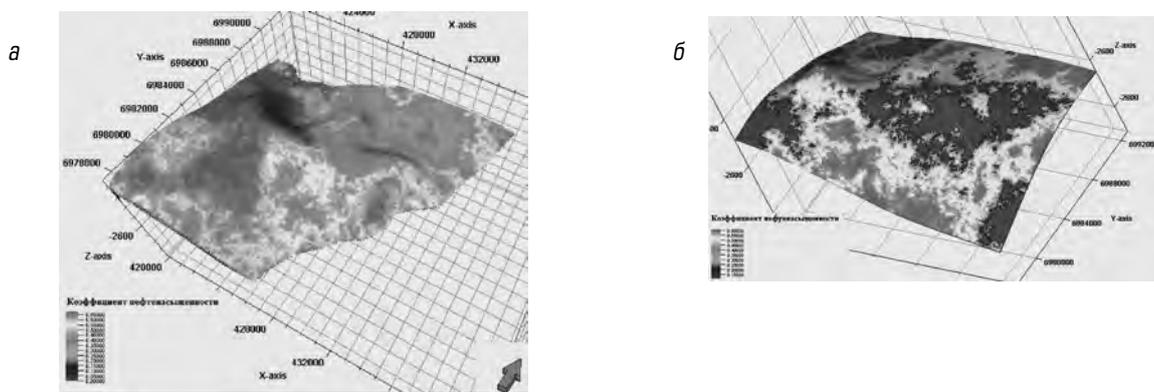


Рис. 5. Рис. 5 Куб коэффициента нефтенасыщенности
а – пласта ЮК₃₋₄; б – пласта ЮК₅₋₆



основе отражающего горизонта НАСЗ (нижний мел). Для каждого пласта были построены структурные поверхности по его стратиграфической кровле и подошве. Структурные поверхности по стратиграфическим границам строились в соответствии со структурными картами сейсмической поверхности с одновременной увязкой их по скважинным данным. Непосредственно процесс построения карт осуществлялся с использованием метода схождения. В результате получилась поверхность, которая в скважинах соответствует замерным отметкам и в то же время сохраняет черты сейсмического горизонта. Невязки между абсолютными отметками в скважинах и значениями полученной карты в этих же точках не превышали 0,2 м.

В сеточной модели предполагается занесение в каждую ячейку объемной сетки численных значений геологических параметров – построение кубов свойств. Расчет кубов был основан на определении величины параметра в каждой отдельной ячейке каркаса. Для расчета кубов параметров применялись методы, позволяющие наиболее достоверно охарактеризовать распределение геологических характеристик по объему пласта.

Литологическое моделирование заключается в пространственном распределении пород-коллекторов. На этом этапе каждая ячейка относится к коллектору либо неколлектору. Моделирование проводилось на основе послойной интерпретации скважинных данных. При создании модели учитывались данные разведочных скважин Ольховского и Большого лицензионного участков. Выбор вертикальной размерности производился исходя из общих толщин пластов и толщин, составляющих их отдельные

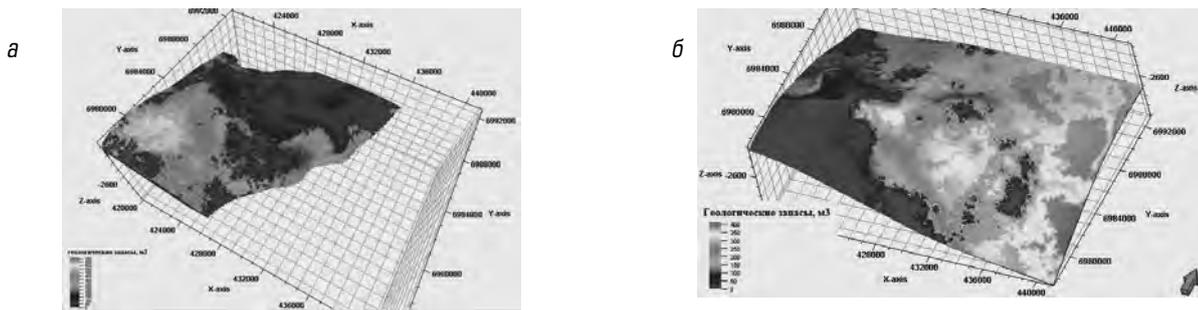
проницаемые прослои. Размеры ячеек по вертикали не превышали 0,4 м. Слои разбивались параллельно поверхностям напластования. Куб литологии строился с использованием алгоритма структурной интерполяции. Предварительно были выделены зоны отсутствия коллекторов в пластах и построены двумерные карты распределения эффективных толщин, которые использовались при моделировании в качестве дополнительной информации. При этом зоны глинизации ограничивались нулевой изопакитой, так чтобы эффективная толщина коллектора плавно уменьшалась к границе этой зоны. Результатом моделирования стали кубы литологии, приведенные на рис. 3 а, б.

Построение объемной модели пористости осуществлялось в модуле Petrophysical Modeling. После получения пространственного распределения коллекторов моделировалось распределение фильтрационно-емкостных свойств внутри коллекторов. Кубы пористости и нефтенасыщенности строились с использованием алгоритма структурной интерполяции (представлены на рис. 4 а, б).

Построение кубов нефтенасыщенности осуществлялось также в модуле Petrophysical Modeling. При построении карт, пористость на границах зон отсутствия коллекторов уменьшалась до критического значения. В соответствии с этим уменьшалось и значение нефтенасыщенности. Полученные 3D кубы параметров пористости и нефтенасыщенности анализировались визуально, а также путем сравнения их статистических характеристик с аналогичными характеристиками по каротажным данным (рис. 5 а, б).

Расхождения между определенными по ГИС и полученными в модели значениями средневзвешенных по скважине

Рис. 6. Куб геологических запасов по залежи пласта:
а – ЮК₃₋₄; б – ЮК₅₋₆



величины пористости, нефтенасыщенности и проницаемости не превышают 3%.

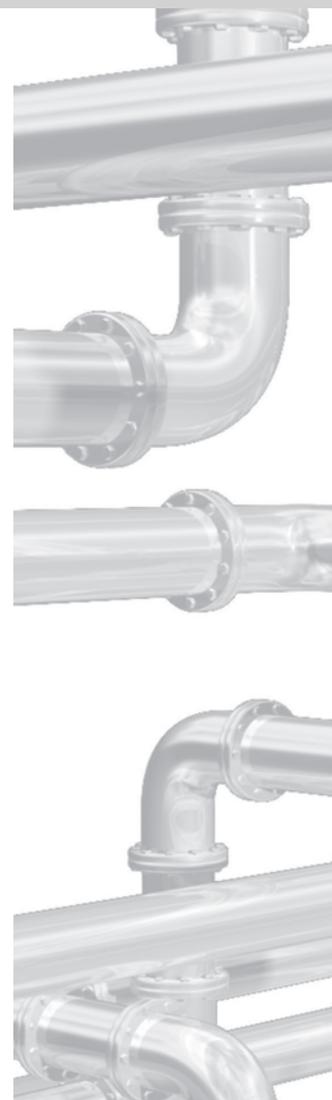
На заключительном этапе моделирования проводится моделирование куба геологических запасов (рис. 6 а, б) и подсчет геологических запасов нефти по трехмерной геологической модели через Calculation с использованием куба литологии, коэффициента пористости, коэффициента нефтенасыщенности, параметров плотности и пересчетного коэффициента.

Заключение

В настоящее время трудно представить проект геолого-разведочных работ на любой стадии без геологического моделирования. 3D-модели позволяют уточнять данные о месторождениях, не прерывая процесса разработки. Трехмерные модели являются важнейшей составляющей технологических процессов обоснования заложения, бурения скважин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Hantshel T., Kauerauf A. Fundamentals of Basin and Petroleum Systems Modelling, London, 2009. 476 p.
- Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. Fluid dynamics of oil and gas reservoirs // Scrivener Publishing Wiley. USA, 2015. 613 p.
- Magoon L.B., Dow, W.G. The Petroleum system from source to trap. AAPG Memoir 60. 1994. P. 3–24.
- Бакиров А.А., Бакиров Э.А., Габриэлянц Г.А. и др. Теоретические основы поисков и разведки нефти и газа: учеб. для вузов: в 2 кн. Кн. 1. Теоретические основы прогнозирования нефтегазоносности недр. М.: Недра, 2011. 412 с.
- Бахтизин Р.Н., Шемяков А.О., Керимов В.Ю. и др. Курс «История специальности» как реализация гуманитаризации технического образования // История и педагогика естествознания. 2016. № 4. С. 9–16.
- Богоявленский В.И., Керимов В.Ю., Ольховская О.О., Мустаев Р.Н. Повышение эффективности и безопасности поисков, разведки и разработки месторождений нефти и газа на акватории Охотского моря // Территория Нефтегаз. 2016. № 10. С. 24–32.
- Керимов В.Ю. Моделирование нефтегазовых геосистем и осадочных бассейнов // Теоретические основы и технологии поисков и разведки нефти и газа. 2012. № 1. С. 41.
- Керимов В.Ю. Становление и современное состояние фундаментального базиса прогнозирования нефтегазоносности недр // Технологии нефти и газа. 2015. № 5 (100). С. 17–25.
- Керимов В.Ю., Бондарев А.В. Условия формирования и перспективы поисков скоплений углеводородов в меловых и юрских отложениях Большехетской впадины // Нефтяное хозяйство. 2014. № 6. С. 86–90.
- Керимов В.Ю., Бондарев А.В., Осипов А.В., Серов С.Г. Эволюция генерационно-аккумуляционных углеводородных систем на территории Байкитской антеклизы и Курейской синеклизы (Восточная Сибирь) // Нефтяное хозяйство. 2015. № 5. С. 39–42.
- Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Сенин Б.В., Лавренова Е.А. Задачи бассейнового моделирования на разных этапах геолого-разведочных работ // Нефтяное хозяйство. 2015. № 4. С. 26–29.
- Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Серикова У.С. Проектирование поисково-разведочных работ на нефть и газ: учеб. пособ. М.: ИНФРА-М, 2016. 200 с.
- Керимов В.Ю., Мустаев Р.Н., Толстов А.Б. Методология проектирования в нефтегазовой отрасли и управление проектами: учеб. пособ. – М.: ИНФРА-М, 2016. 123 с.
- Керимов В.Ю., Мухтарова Х.З., Мустаев Р.Н. Дизъюнктивные нарушения и их роль в формировании и разрушении залежей нефти и газа в Южном Каспии // Нефть, газ и бизнес. 2011. № 6. С. 18–26.
- Керимов В.Ю., Осипов А.В., Монакова А.С., Захарченко М.В. Особенности формирования и нефтегазоносность складчато-надвигового пояса Урала // Теоретические основы и технологии поисков и разведки нефти и газа. 2012. № 2. С. 4–14.
- Керимов В.Ю., Осипов А.В., Мустаев Р.Н. Новые направления подготовки кадров для топливно-энергетического комплекса // История и педагогика естествознания. 2016. № 4. С. 6–8.
- Керимов В.Ю., Серикова У.С., Мустаев Р.Н., Гулиев И.С. Нефтегазоносность глубокозалегающих отложений Южно-Каспийской впадины // Нефтяное хозяйство. 2014. № 5. С. 50–54.
- Керимов В.Ю., Сизиков Е.А., Синявская О.С., Макарова А.Ю. Условия формирования и поиски залежей УВ в турбидитовых коллекторах Охотского моря // Нефть, газ и бизнес. 2015. № 2. С. 32–37.
- Керимов В., Хантшел Т., Соколов К., Сидорова М. Применение технологии бассейнового моделирования - программного пакета Petromod в учебном процессе РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина // Нефть, газ и бизнес. 2011. № 4. С. 38–47.
- Керимов В.Ю., Топалова Т., Зайцев О., Пузин А.В., Спахич Д. Моделирование нефтегазовых геосистем и осадочных бассейнов // Теоретические основы и технологии поисков и разведки нефти и газа. 2012. № 1 (1). С. 41–50.
- Керимов В.Ю., Шилов Г.Я., Серикова У.С. Геологические риски при поисках и разведке месторождений нефти и газа и пути их снижения // Нефть, газ и бизнес. 2014. № 8. С. 44–52.
- Керимов В.Ю., Шилов Г.Я., Скрипка А.А. Особенности распределения зон АВПод в недрах Западно-Мессояхского и Восточно-Мессояхского месторождений и их связь с нефтегазоносностью разреза // Нефть, газ и бизнес. 2010. № 6. С. 45–48.



23. Мовсумзаде Э.М., Мастобаев Б.Н. и др. Морская нефть. Развитие технических средств и технологий. СПб.: Недра, 2005. 234 с.
24. Мовсумзаде Э.М., Кобраков К.И., Гусейнова С.Н., Колодкина Л.С. Деятельностные технологии в гуманитарно-ориентированной подготовке специалистов легкой промышленности. М.: Изд-во МГУДТ, 2014. 234 с.

MODELING OF OIL AND GAS DEPOSITS FOR SOLVING THE PROBLEMS OF EXPLORATION AND DEVELOPMENT

KERIMOV V.YU., Dr. Sci. (Geol.-Min.), Prof., Vice-rector for scientific work

Russian State Geological prospecting University (23, Miklouho-Maklay's St., 117997, Moscow, Russia). E-mail: vagif.kerimov@mail.ru

BAKHTIZIN R.N., Dr. Sci. (Ph.-m.), Prof., Rector

Ufa State Petroleum Technological University (USPTU) (1, Kosmonavtov St., 450062, Ufa, Republic of Bashkortostan, Russia).

E-mail: rektor@rusoil.net

DANTSOVA K.I., Assistant of the Department of Theoretical Basics of Prospecting and Exploration of Oil and Gas

SALIKHOVA I.M., Engineer of the Department of Theoretical Basics of Prospecting and Exploration of Oil and Gas

Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University) (65, korp.1, Leninskiy Pr., 119991, Moscow, Russia).

E-mail: kristinadantsova@yandex.ru, E-mail: irina.dlspiyi@mail.ru

ABSTRACT

Modeling of oil and gas fields and deposits allows solving the problems of delineation of a deposit, reserves assessment, determination of the quality of hydrocarbons, geological and economic assessment of fields, preparation of exploration and development projects. Three-dimensional models are the most important component of technological processes of justification of laying, drilling of wells. The article considers the technology of modeling using Petrel software complex on the example of the deposit named after V.N. Vinogradov as well as it investigates various parameters used in the modeling process.

Keywords: exploration, development, deposits, geological exploration, modeling, planning.

REFERENCES

- Hantshel T., Kauerauf A. *Fundamentals of basin and petroleum systems modelling*. London, 2009. 476 p.
- Kerimov V.Yu., Rachinsky M.Z. *Fluid dynamics of oil and gas reservoirs*. Wiley, Scrivener Publ., 2015. 613 p.
- Magoon L.B., Dow W.G. The Petroleum system -from source to trap. *AAPG Memoir 60*, 1994, pp. 3–24.
- Bakirov A.A., Bakirov E.A., Gabrielyants G.A. *Teoreticheskiye osnovy prognozirovaniya neftegazonosnosti neдр* [Theoretical basis for forecasting the oil and gas potential of subsoil]. Moscow, Nedra Publ., 2011. 412 p.
- Bakhtizin R.N., Shemyakov A.O., Kerimov V.YU. Course «History of the specialty» as the realization of the humanitarization of technical education. *Istoriya i pedagogika yestestvoznaniya*, 2016, no. 4, pp. 9–16 (In Russian).
- Bogoyavlenskiy V.I., Kerimov V.YU., Ol'khovskaya O.O., Mustayev R.N. Increase of efficiency and safety of prospecting, exploration and development of oil and gas fields in the water area of the Sea of Okhotsk. *Territoriya Neftegaz*, 2016, no. 10, pp. 24–32 (In Russian).
- Kerimov V.YU. Modeling of oil and gas geosystems and sedimentary basins. *Teoreticheskiye osnovy i tekhnologii poiskov i razvedki nefiti i gaza*, 2012, no. 1, p. 41 (In Russian).
- Kerimov V.YU. Formation and the current state of the fundamental basis for forecasting the oil and gas potential of the subsoil. *Tekhnologii nefiti i gaza*, 2015, no. 5 (100), pp. 17–25 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Bondarev A.V. Formation conditions and prospects for the search for hydrocarbon accumulations in the Cretaceous and Jurassic deposits of the Bolshekhetskaya Depression. *Neftyanoye khozyaystvo*, 2014, no. 6, pp. 86–90 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Bondarev A.V., Osipov A.V., Serov S.G. Evolution of generation-accumulation hydrocarbon systems in the territory of Baykitskaya anteclise and the Kureyskaya syncline (Eastern Siberia). *Neftyanoye khozyaystvo*, 2015, no. 5, pp. 39–42 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Mustayev R.N., Senin B.V., Lavrenova Ye.A. Tasks of basin modeling at different stages of geological exploration. *Neftyanoye khozyaystvo*, 2015, no. 4, pp. 26–29 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Mustayev R.N., Serikova U.S. *Proyektirovaniye poiskovo-razvedochnykh rabot na nefit' i gaz* [Designing exploration for oil and gas]. Moscow, INFRA-M Publ., 2016. 200 p.
- Kerimov V.YU., Mustayev R.N., Tolstov A.B. *Metodologiya proyektirovaniya v neftegazovoy otrasli i upravleniye proyektami* [Design methodology in the oil and gas industry and project management]. Moscow, INFRA-M Publ., 2016. 123 p.
- Kerimov V.YU., Mukhtarova KH.Z., Mustayev R.N. Disjunctive disturbances and their role in the formation and destruction of oil and gas deposits in the Southern Caspian. *Nefit', gaz i biznes*, 2011, no. 6, pp. 18–26 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Osipov A.V., Monakova A.S., Zakharchenko M.V. Features of the formation and oil and gas content of the fold-thrust belt of the Urals. *Teoreticheskiye osnovy i tekhnologii poiskov i razvedki nefiti i gaza*, 2012, no. 2, pp. 4–14 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Osipov A.V., Mustayev R.N. New directions of personnel training for the fuel and energy complex. *Istoriya i pedagogika yestestvoznaniya*, 2016, no. 4, pp. 6–8 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Serikova U.S., Mustayev R.N., Guliyev I.S. Oil and gas content of deep-seated sediments of the South Caspian depression. *Neftyanoye khozyaystvo*, 2014, no. 5, pp. 50–54 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Sizikov Ye.A., Sinyavskaya O.S., Makarova A.YU. Conditions for formation and search of hydrocarbon deposits in turbidite reservoirs of the Okhotsk Sea. *Nefit', gaz i biznes*, 2015, no. 2, pp. 32–37 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Khantshel T., Sokolov K., Sidorova M.S. The application of basin modeling - Petromod software package in the educational process of the Russian state University of oil and gas named after I. M. Gubkin. *Nefit', gaz i biznes*, 2011, no. 4, pp. 38–47 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Topalova T., Zaytsev O. Modeling of oil and gas geosystems and sedimentary basins. *Teoreticheskiye osnovy i tekhnologii poiskov i razvedki nefiti i gaza*, 2012, no. 1 (1), pp. 41–50 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Shilov G.YA., Serikova U.S. Geological risks in prospecting and exploration of oil and gas fields and ways to reduce them. *Nefit', gaz i biznes*, 2014, no. 8, pp. 44–52 (In Russian).
- Kerimov V.YU., Shilov G.YA., Skripka A.A. Peculiarities of distribution of AVPOD zones in the depths of the West Messoyakhskoye and East Messoyakhskoye deposits and their connection with the oil and gas content of the section. *Nefit', gaz i biznes*, 2010, no. 6, pp. 45–48 (In Russian).
- Movsumzade E.M., Mastobayev B.N. *Morskaya nefit'. Razvitiye tekhnicheskikh sredstv i tekhnologiy* [Sea oil. Development of technical facilities and technologies]. St. Petersburg, Nedra Publ., 2005. 234 p.
- Movsumzade E.M., Kobraikov K.I., Guseynova S.N., Kolodkina L.S. *Deyatel'nostnyye tekhnologii v gumanitarno-orientirovannoy podgotovke spetsialistov legkoy promyshlennosti* [Activity technologies in humanitarian-oriented training of light industry experts]. Moscow, MГУDТ Publ., 2014. 234 p.